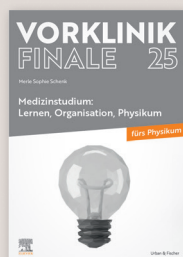


# VORKLINIK FINALE

LESEPROBE

Alle Organe – alle Fächer – alles drin!



ELSEVIER

[www.elsevier.de](http://www.elsevier.de)

# VORKLINIK FINALE

## Alle Organe – alle Fächer – alles drin!

**Vorklinik Finale sind Prüfungsskripten für das Physikum, die nach Organsystemen gegliedert sind.** Bereits in der Vorklinik können sie dir helfen, dich in den vielen neuen Inhalten zu orientieren und Themen im Gesamtüberblick einzuordnen.

### Das ist drin:

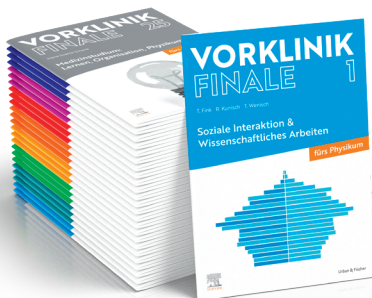
- Zur Vorbereitung auf das Physikum findest du in Heft 1–24 alle relevanten Inhalte inkl. Lernhilfen.
- Kleine Lerneinheiten in Heften, die du rasch abhaken kannst. Das hält die Motivation oben!
- Heft 25 gibt dir Tipps für den Start ins Medizinstudium und fürs Lernen, und enthält Lern- und Kreuzpläne fürs Physikum.

### Zusammenhänge verstehen – organbasiert geht's besser!

- Du wiederholst die Inhalte organbasiert in einem sinnvollen Zusammenhang.
- Relevante klinische Inhalte sind immer direkt integriert.
- Du bist gut vorbereitet auf den klinischen Abschnitt, denn da geht es organbasiert weiter.
- Doppelte Inhalte, die bei fächerbasierter Darstellung häufig auftreten, sind hier bereits zusammengefasst.

### Aktiv lernen bringt dich weiter!

- Besonders prüfungsrelevante Inhalte sind farbig hinterlegt.
- Fragen zum Selbsttest und/oder zur Vorbereitung auf mündliche Prüfungen.
- An jedem Kapitelende gibt es eine Seite mit Vorschlägen, wie du Inhalte durch Zeichnen wiederholen kannst.



ELSEVIER

www.elsevier.de

## Übersicht aller Hefte

- 1 Soziale Interaktion & Wissenschaftliches Arbeiten
- 2 Atome und Naturgesetze
- 3 Moleküle und Stoffumwandlungen
- 4 Biomoleküle
- 5 Zellbiologie, Allgemeine Histologie & Mikrobiologie
- 6 Molekularbiologie, Meiose & Embryologie
- 7 Bewegungsapparat 1
- 8 Bewegungsapparat 2
- 9 Motorik und Bewegungsabläufe
- 10 Kopf und Hals
- 11 Nervensystem
- 12 Zentralnervensystem
- 13 Bewusstsein, Corticale Interaktion & Therapiemethoden
- 14 Sinnesorgane 1
- 15 Sinnesorgane 2
- 16 Lunge und Atmung
- 17 Herz-Kreislauf-System
- 18 Blut und Immunsystem
- 19 Gastrointestinaltrakt
- 20 Verdauung & Abbau von Nährstoffen
- 21 Energiestoffwechsel & Anabole Stoffwechselwege
- 22 Harnorgane und Elektrolythaushalt
- 23 Endokrines System
- 24 Geschlechtsorgane und Reproduktion
- 25 Medizinstudium: Lernen, Organisation, Physikum

## Übersicht nach Heften/Organen

Diese Übersicht zeigt dir alle Hefte und Kapitel der Vorklinik-Finale-Reihe. Daneben sind jeweils die zugehörigen Fächer vermerkt.  
Tipp: Eine Übersicht nach Fächern findest du am Ende dieses Heftes.

### Heft 1 Soziale Interaktion & Wissenschaftliches Arbeiten

1	Individuum, Gesellschaft, Normen	Psych-Soz
2	Arzt und Patient	Psych-Soz
3	Gesundheitssystem	Psych-Soz
4	Messen und Rechnen	Physik
5	Methodische Grundlagen	Psych-Soz

### Heft 2 Atome und Naturgesetze

1	Struktur der Materie	Biochemie, Chemie, Physik
2	Mineralstoffe und Spurenelemente	Biochemie, Chemie
3	Wärmelehre	Physik
4	Elektrizität und Magnetismus	Physik, Physiologie
5	Ionisierende Strahlung	Physik

### Heft 3 Moleküle und Stoffumwandlungen

1	Chemische Bindung	Chemie
2	Stereochemie	Chemie
3	Funktionelle Gruppen und Stoffklassen	Chemie
4	Stoffumwandlungen/chemische Reaktionen	Chemie

### Heft 4 Biomoleküle

1	Kohlenhydrate	Biochemie, Chemie
2	Aminosäuren, Peptide, Proteine	Biochemie, Chemie
3	Fettsäuren, Lipide	Biochemie, Chemie
4	Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin	Biochemie, Chemie
5	Vitamine und Co-Enzyme	Biochemie, Chemie
6	Thermodynamik und Kinetik	Biochemie, Chemie

### Heft 5 Zellbiologie, Allgemeine Histologie & Mikrobiologie

1	Zellen, Organellen	Biologie, Biochemie, Histologie, Physiologie
2	Transportprozesse	Biologie, Biochemie, Physiologie
3	Signaltransduktion	Biologie, Biochemie, Physiologie
4	Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod	Biologie, Biochemie, Physiologie
5	Histologische Methoden und allgemeine Gewebelehre	Histologie
6	Gewebe	Histologie
7	Mikrobiologie	Biologie

### Heft 6 Molekularbiologie, Meiose & Embryologie

1	Enzyme	Biochemie
2	DNA-Replikation und -Transkription	Biochemie
3	Translation und Proteinprozessierung	Biochemie
4	Biochemische Verfahren	Biochemie
5	Vererbungslehre	Biologie

6	Meiose und Entwicklung der Gameten	Biologie, Biochemie, Anatomie
7	Embryologie	Anatomie

### Heft 7 Bewegungsapparat 1

1	Allgemeine Anatomie	Anatomie
2	Binde- und Stützgewebe	Biochemie, Histologie
3	Obere Extremität	Anatomie

### Heft 8 Bewegungsapparat 2

1	Untere Extremität	Anatomie
2	Leibeswand	Anatomie

### Heft 9 Motorik und Bewegungsabläufe

1	Bewegungslehre	Physik
2	Muskeltypen	Biochemie, Histologie, Physiologie
3	Motorik	Physiologie
4	Rückenmark und Reflexe	Physiologie
5	Bewegungsabläufe im ZNS	Physiologie
6	Arbeits- und Leistungsphysiologie	Physiologie

### Heft 10 Kopf und Hals

1	Entwicklung von Kopf und Hals	Anatomie
2	Schädel, Muskulatur, Kopf- und Halseingeweide	Anatomie
3	Hirn- und Halsnerven, vegetative Innervation	Anatomie
4	Arterien, Venen, Lymphsystem	Anatomie
5	Angewandte und topografische Anatomie	Anatomie

### Heft 11 Nervensystem

1	Nervengewebe	Histologie
2	Gliederung des Nervensystems	Anatomie, Histologie
3	Funktionsprinzipien des Nervensystems	Physiologie
4	Neurotransmitter und Rezeptoren	Biochemie, Physiologie
5	Vegetatives Nervensystem	Physiologie

### Heft 12 Zentralnervensystem

1	Entwicklung des Zentralnervensystems	Anatomie
2	Encephalon	Anatomie
3	Stammhirn	Anatomie
4	Rückenmark, Systeme und Bahnen	Anatomie
5	Liquorräume und Meningen	Anatomie
6	Gefäßversorgung und Topografie des ZNS	Anatomie

### Heft 13 Bewusstsein, Corticale Interaktion & Therapiemethoden

1	Bewusstsein und corticale Interaktion	Physiologie, Psych-Soz
2	Therapiemethoden und ihre Grundlagen	Psych-Soz

#### Heft 14 Sinnesorgane 1

1	Schwingung, Wellen, Akustik	Physik, Physiologie
2	Hör- und Gleichgewichtsorgan	Anatomie, Histologie
3	Hörvorgang und Gleichgewichtssinn	Physiologie
4	Haut und Hautanhangsgebilde	Histologie
5	Somato-viszerale Sensorik	Physiologie

#### Heft 15 Sinnesorgane 2

1	Optik	Physik
2	Sehorgan	Anatomie, Histologie
3	Sehen	Physiologie
4	Chemische Sinne	Anatomie, Histologie, Physiologie

#### Heft 16 Lunge und Atmung

1	Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien	Anatomie, Histologie
2	Anatomie der Atmungsorgane	Anatomie, Histologie
3	Mechanik des Kreislaufsystems	Physik
4	Atemung	Physiologie
5	Gasaustausch	Physiologie

#### Heft 17 Herz-Kreislauf-System

1	Aufbau des Herzens	Anatomie, Histologie
2	Nerven und Gefäße der Brusteingeweide	Anatomie
3	Physiologie des Herzens	Physiologie
4	Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems	Anatomie, Histologie, Physiologie

#### Heft 18 Blut und Immunsystem

1	Blut und Blutplasma	Histologie, Physiologie
2	Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport	Biochemie, Physiologie
3	Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse	Histologie, Physiologie
4	Leukozyten und Immunsystem	Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie

#### Heft 19 Gastrointestinaltrakt

1	Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre	Anatomie, Histologie, Physiologie
2	Magen-Darm-Trakt	Anatomie, Physiologie
3	Organe des Magen-Darm-Kanals	Anatomie, Histologie, Physiologie
4	Leber, Gallenblase und Pankreas	Anatomie, Histologie, Physiologie
5	Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation	Anatomie

#### Heft 20 Verdauung & Abbau von Nährstoffen

1	Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt	Biochemie, Biologie, Physiologie
2	Nahrungsaufnahme	Biochemie, Physiologie
3	Abbau der Kohlenhydrate	Biochemie
4	Fettsäureabbau und Ketonkörperstoffwechsel	Biochemie
5	Aminosäurestoffwechsel und Harnstoffzyklus	Biochemie

#### Heft 21 Energiestoffwechsel & Anabole Stoffwechselwege

1	Citratzyklus und Atmungskette	Biochemie
2	Gluconeogenese und Glykogenstoffwechsel	Biochemie
3	Lipidsynthese	Biochemie
4	Nukleotidstoffwechsel	Biochemie
5	Stoffwechsel der Leber	Biochemie
6	Fettgewebe	Biochemie

#### Heft 22 Harnorgane und Elektrolythaushalt

1	Harnorgane	Anatomie, Histologie
2	Nierenfunktion	Physiologie, Biochemie
3	Säure-Basen-Reaktionen	Chemie
4	Säure-Basen-Haushalt	Physiologie, Biochemie
5	Wasser- und Elektrolythaushalt	Physiologie, Biochemie

#### Heft 23 Endokrines System

1	Endokrines System	Biochemie, Histologie, Physiologie
2	Epiphyse	Histologie
3	Hypothalamus-Hypophysen-System	Biochemie, Histologie, Physiologie
4	Endokrines Pankreas	Biochemie, Histologie
5	Schilddrüse	Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie
6	Nebenschilddrüsen	Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie
7	Endokrine Funktionen der Niere	Physiologie, Biochemie
8	Nebenniere	Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie
9	Diffuses neuroendokrines System (DNES)	Anatomie, Histologie
10	Gewebshormone	Biochemie, Physiologie

#### Heft 24 Geschlechtsorgane und Reproduktion

1	Entwicklung der Geschlechtsorgane	Anatomie
2	Weibliche Geschlechtsorgane	Anatomie, Histologie, Physiologie
3	Männliche Geschlechtsorgane	Anatomie, Histologie, Physiologie
4	Angewandte und topografische Anatomie	Anatomie
5	Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation	Anatomie
6	Sexualhormone	Biochemie, Physiologie
7	Sexualität und Reproduktion	Physiologie, Psych-Soz
8	Schwangerschaft und Geburt	Anatomie, Histologie, Physiologie

#### Heft 25 Medizinstudium: Lernen, Organisation, Physikum

1	How To ... Vorklinik
2	How To ... Physikum
3	Lernpläne
4	Kreuzen



## Übersicht nach Fächern

Du vermisst die Fächer? Bitte sehr, hier siehst du die Kapitel der Vorklinik-Finale-Reihe nach Fächern sortiert!  
Viele Kapitel kombinieren Inhalte mehrerer Fächer und werden deshalb mehrfach genannt.  
Die Übersicht nach Heften/Organen findest du am Anfang dieses Heftes.

### Anatomie

#### Allgemeine Embryologie

Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten

Heft 06 | 7 Embryologie

#### Bewegungsapparat

Heft 07 | 1 Allgemeine Anatomie

Heft 07 | 3 Obere Extremität

Heft 08 | 1 Untere Extremität

Heft 08 | 2 Leibeswand

#### Kopf, Hals, Nervensystem

Heft 10 | 1 Entwicklung von Kopf und Hals

Heft 10 | 2 Schädel, Muskulatur, Kopf- und Halseingeweide

Heft 10 | 3 Hirn- und Halsnerven, vegetative Innervation

Heft 10 | 4 Arterien, Venen, Lymphsystem

Heft 10 | 5 Angewandte und topografische Anatomie

Heft 11 | 2 Gliederung des Nervensystems

Heft 12 | 1 Entwicklung des Zentralnervensystems

Heft 12 | 2 Encephalon

Heft 12 | 3 Stammhirn

Heft 12 | 4 Rückenmark, Systeme und Bahnen

Heft 12 | 5 Liquorräume und Meningen

Heft 12 | 6 Gefäßversorgung und Topografie des ZNS

#### Sinnesorgane

Heft 14 | 2 Hör- und Gleichgewichtsorgan

Heft 15 | 2 Sehorgan

Heft 15 | 4 Chemische Sinne

#### Lunge, Herz, Kreislauf, Immunsystem

Heft 16 | 1 Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien

Heft 16 | 2 Anatomie der Atmungsorgane

Heft 17 | 1 Aufbau des Herzens

Heft 17 | 2 Nerven und Gefäße der Brusteingeweide

Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems

Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

#### Gastrointestinaltrakt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre

Heft 19 | 2 Magen-Darm-Trakt

Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals

Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas

Heft 19 | 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation

#### Endokrines System

Heft 23 | 5 Schilddrüse

Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen

Heft 23 | 8 Nebenniere

Heft 23 | 9 Diffuses neuroendokrines System (DNES)

#### Harn- und Geschlechtsorgane

Heft 22 | 1 Harnorgane

Heft 24 | 1 Entwicklung der Geschlechtsorgane

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 4 Angewandte und topografische Anatomie

Heft 24 | 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation

Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

### Histologie

#### Allgemeine Histologie

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen

Heft 05 | 5 Histologische Methoden und allgemeine Gewebelehre

Heft 05 | 6 Gewebe

#### Bewegungsapparat

Heft 07 | 2 Binde- und Stützgewebe

Heft 09 | 2 Muskeltypen

#### Kopf, Hals, Nervensystem

Heft 11 | 1 Nervengewebe

Heft 11 | 2 Gliederung des Nervensystems

#### Sinnesorgane

Heft 14 | 2 Hör- und Gleichgewichtsorgan

Heft 14 | 4 Haut und Hautanhangsgebilde

Heft 15 | 2 Sehorgan

Heft 15 | 4 Chemische Sinne

#### Lunge, Herz, Kreislauf, Immunsystem

Heft 16 | 1 Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien

Heft 16 | 2 Anatomie der Atmungsorgane

Heft 17 | 1 Aufbau des Herzens

Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems

Heft 18 | 1 Blut und Blutplasma

Heft 18 | 3 Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse

Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

### Gastrointestinaltrakt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre

Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals

Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas

#### Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System

Heft 23 | 2 Epiphyse

Heft 23 | 3 Hypothalamus-Hypophysen-System

Heft 23 | 4 Endokrines Pankreas

Heft 23 | 5 Schilddrüse

Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen

Heft 23 | 8 Nebenniere

Heft 23 | 9 Diffuses neuroendokrines System (DNES)

#### Harn- und Geschlechtsorgane

Heft 22 | 1 Harnorgane

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

### Biochemie

#### Grundlagen

Heft 02 | 1 Struktur der Materie

Heft 02 | 2 Mineralstoffe und Spurenelemente

Heft 04 | 1 Kohlenhydrate

Heft 04 | 2 Aminosäuren, Peptide, Proteine

Heft 04 | 3 Fettsäuren, Lipide

Heft 04 | 4 Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin

Heft 04 | 5 Vitamine und Co-Enzyme

Heft 04 | 6 Thermodynamik und Kinetik

#### Zellbiologie, Molekularbiologie, Meiose

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen

Heft 05 | 2 Transportprozesse

Heft 05 | 3 Signaltransduktion

Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod

Heft 06 | 1 Enzyme

Heft 06 | 2 DNA-Replikation und -Transkription

Heft 06 | 3 Translation und Proteinprozessierung

Heft 06 | 4 Biochemische Verfahren

Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten

#### Bewegungsapparat, Nervensystem, Immunsystem

Heft 07 | 2 Binde- und Stützgewebe

Heft 09 | 2 Muskeltypen

Heft 11 | 4 Neurotransmitter und Rezeptoren  
Heft 18 | 2 Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport  
Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

#### Anabole und katabole Stoffwechselwege

Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt  
Heft 20 | 2 Nahrungsaufnahme  
Heft 20 | 3 Abbau der Kohlenhydrate  
Heft 20 | 4 Fettsäureabbau und Ketonkörperstoffwechsel  
Heft 20 | 5 Aminosäurestoffwechsel und Harnstoffzyklus  
Heft 21 | 1 Citratzyklus und Atmungskette  
Heft 21 | 2 Gluconeogenese und Glykogenstoffwechsel  
Heft 21 | 3 Lipidsynthese  
Heft 21 | 4 Nukleotidstoffwechsel  
Heft 21 | 5 Stoffwechsel der Leber  
Heft 21 | 6 Fettgewebe

#### Niere, Säure-Basen-, Wasser- und Elektrolythaushalt

Heft 22 | 2 Nierenfunktion  
Heft 22 | 4 Säure-Basen-Haushalt  
Heft 22 | 5 Wasser- und Elektrolythaushalt

#### Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System  
Heft 23 | 3 Hypothalamus-Hypophysen-System  
Heft 23 | 4 Endokrines Pankreas  
Heft 23 | 5 Schilddrüse  
Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen  
Heft 23 | 7 Endokrine Funktionen der Niere  
Heft 23 | 8 Nebenniere  
Heft 23 | 10 Gewebshormone  
Heft 24 | 6 Sexualhormone

### Physiologie

#### Zellphysiologie

Heft 02 | 4 Elektrizität und Magnetismus  
Heft 05 | 1 Zellen, Organellen  
Heft 05 | 2 Transportprozesse  
Heft 05 | 3 Signaltransduktion  
Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod

#### Bewegungsapparat und Motorik

Heft 09 | 2 Muskeltypen  
Heft 09 | 3 Motorik

#### Nerven und Sinne

Heft 09 | 4 Rückenmark und Reflexe  
Heft 09 | 5 Bewegungsabläufe im ZNS  
Heft 09 | 6 Arbeits- und Leistungsphysiologie  
Heft 11 | 3 Funktionsprinzipien des Nervensystems

Heft 11 | 4 Neurotransmitter und Rezeptoren  
Heft 11 | 5 Vegetatives Nervensystem  
Heft 13 | 1 Bewusstsein und corticale Interaktion  
Heft 14 | 1 Schwingung, Wellen, Akustik  
Heft 14 | 3 Hörvorgang und Gleichgewichtssinn  
Heft 14 | 5 Somatoviszzerale Sensorik  
Heft 15 | 3 Sehen  
Heft 15 | 4 Chemische Sinne

#### Atmung, Kreislauf, Blut, Immunsystem

Heft 16 | 4 Atmung  
Heft 16 | 5 Gasaustausch  
Heft 17 | 3 Physiologie des Herzens  
Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems  
Heft 18 | 1 Blut und Blutplasma  
Heft 18 | 2 Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport  
Heft 18 | 3 Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse

Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

#### Verdauung, Energie- und Wärmehaushalt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre  
Heft 19 | 2 Magen-Darm-Trakt  
Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals  
Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas  
Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt  
Heft 20 | 2 Nahrungsaufnahme

#### Niere, Säure-Basen-, Wasser- und Elektrolythaushalt

Heft 22 | 2 Nierenfunktion  
Heft 22 | 4 Säure-Basen-Haushalt  
Heft 22 | 5 Wasser- und Elektrolythaushalt

#### Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System  
Heft 23 | 3 Hypothalamus-Hypophysen-System  
Heft 23 | 5 Schilddrüse  
Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen  
Heft 23 | 7 Endokrine Funktionen der Niere  
Heft 23 | 8 Nebenniere  
Heft 23 | 10 Gewebshormone

#### Geschlechtsorgane und Reproduktion

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane  
Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane  
Heft 24 | 6 Sexualhormone  
Heft 24 | 7 Sexualität und Reproduktion  
Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

### Biologie

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen  
Heft 05 | 2 Transportprozesse  
Heft 05 | 3 Signaltransduktion  
Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod  
Heft 05 | 7 Mikrobiologie  
Heft 06 | 5 Vererbungslehre  
Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten  
Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt

### Chemie

Heft 02 | 1 Struktur der Materie  
Heft 02 | 2 Mineralstoffe und Spurenelemente  
Heft 03 | 1 Chemische Bindung  
Heft 03 | 2 Stereochemie  
Heft 03 | 3 Funktionelle Gruppen und Stoffklassen  
Heft 03 | 4 Stoffumwandlungen/chemische Reaktionen  
Heft 22 | 3 Säure-Basen-Reaktionen  
Heft 04 | 6 Thermodynamik und Kinetik  
Heft 04 | 1 Kohlenhydrate  
Heft 04 | 2 Aminosäuren, Peptide, Proteine  
Heft 04 | 3 Fettsäuren, Lipide  
Heft 04 | 4 Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin  
Heft 04 | 5 Vitamine und Co-Enzyme

### Physik

Heft 01 | 4 Messen und Rechnen  
Heft 02 | 1 Struktur der Materie  
Heft 02 | 3 Wärmelehre  
Heft 02 | 4 Elektrizität und Magnetismus  
Heft 02 | 5 Ionisierende Strahlung  
Heft 09 | 1 Bewegungslehre  
Heft 14 | 1 Schwingung, Wellen, Akustik  
Heft 15 | 1 Optik  
Heft 16 | 3 Mechanik des Kreislaufsystems

### Med. Psychologie, Med. Soziologie

Heft 01 | 1 Individuum, Gesellschaft, Normen  
Heft 01 | 2 Arzt und Patient  
Heft 01 | 3 Gesundheitssystem  
Heft 01 | 5 Methodische Grundlagen  
Heft 13 | 1 Bewusstsein und corticale Interaktion  
Heft 13 | 2 Therapiemethoden und ihre Grundlagen  
Heft 24 | 7 Sexualität und Reproduktion

# Herzlich willkommen bei Vorklinik Finale!

## Hier findest du alle Inhalte, die du für das Physikum brauchst!

Egal ob du am Beginn des Medizinstudiums stehst oder schon kurz vor dem Physikum, ob du in einem Regel- oder Reformstudiengang studierst – Vorklinik Finale unterstützt dich beim effizienten Lernen und Überblick gewinnen!

## Gliederung nach Organen:

Durch die Gliederung nach Organen bzw. Organsystemen stehen hier die Inhalte zusammen, die zusammengehören: Die Biochemie, Physiologie und Histologie der Muskeltypen – alles in einem Kapitel. Physik/Optik, Anatomie der Augen und Physiologie des Sehens – direkt aufeinander folgend. Das hat mehrere **Vorteile**:

- Zum einen wird viel deutlicher, warum du naturwissenschaftliche Grundlagen lernst.
- Zum anderen bereitet dich diese Darstellung optimal auf den klinischen Abschnitt und die ärztliche Tätigkeit vor.
- Und außerdem: Bei der Darstellung nach Fächern werden viele Inhalte doppelt dargestellt, damit die Inhalte einem logischen Aufbau folgen. Im Vorklinik Finale sind diese Inhalte bereits zusammengefasst, das erleichtert dir das Lernen! Selbstverständlich sind **alle** relevanten Inhalte der Fächer enthalten.

## Das steckt drin:

Vorklinik Finale erläutert dir von Heft 1 bis Heft 6 wichtige Grundlagen – diese lassen sich keinem Organsystem zuordnen, da musst du leider durch! – und führt dich von Heft 7 bis Heft 24 einmal durch alle Organsysteme. **Heft 25 gibt dir wertvolle Tipps zum Lernen im vorklinischen Abschnitt und zur Vorbereitung auf das Physikum.** Schau doch mal rein!

## Du kannst die Hefte auf unterschiedliche Art nutzen:

- Während des vorklinischen Abschnitts, um dir einen Überblick über den gesamten Lernstoff zu verschaffen und Inhalte einzuordnen.
- Während des vorklinischen Abschnitts, um schnell zu sehen, wie Inhalte aus den einzelnen Fächern bei einem bestimmten Organsystem zusammenkommen.
- Und natürlich zur Vorbereitung auf das Physikum.

## Alles drin und Überblick garantiert!

Ganz vorne und ganz hinten im Heft findest du jeweils eine Gesamtübersicht, einmal nach Organen und einmal nach Fächern.

**Wir wünschen dir viel Freude und Erfolg im Medizinstudium!**

# So nutzt du die Vorklinik-Finale-Hefte

## Navigation

Du siehst am Anfang jedes Kapitels und Teilkapitels, welche Fächer enthalten sind:

 **Physik, Physiologie**

Wie bereits erwähnt, gibt es ganz vorne und ganz hinten im Heft jeweils eine **Gesamtübersicht**, einmal nach Organen und einmal nach Fächern.

## Diese Markierungen weisen auf wichtige Inhalte hin

### MERKE

Hier erhältst du wichtige Tipps und Hinweise.

### KLINIK

Hier findest du relevante klinische Inhalte.

### FOKUS

Hier stehen klinische Inhalte aus dem Fokuserkrankungs-Netzwerk gemäß Entwurf des neuen NKLM. Sie wurden damit als besonders wichtig für den vorklinischen Abschnitt definiert, und wir empfehlen, sie besonders aufmerksam anzusehen!

Besonders prüfungsrelevante Inhalte sind gelb hinterlegt.

## Aktives Lernen und Überblick behalten

### CHECK-UP

Am Ende jedes Teilkapitels stehen einige Verständnisfragen zum Selbstcheck. Das vermeidet ein „Gelesen, aber nicht gelernt“.

### Jetzt bist du dran!

#### Überblick gewinnen

Diese Kästen findest du am Ende jedes Teilkapitels. Sie erinnern dich daran, dass du dir die Inhalte kurz zusammenfasst, so dass du dir Schritt für Schritt Überblick verschaffst. Die Stichwörter werden am Ende des Kapitels weiterverwendet (siehe unten).

### Jetzt bist du dran!

Am Ende jedes Kapitels haben wir dir diese Seite zur Bearbeitung vorbereitet. Sie schlägt dir verschiedene Aufgaben vor, wie du den Inhalt noch einmal aktiv wiederholen kannst.

#### Zeichenaufgabe / Anregungen zur weiteren Wiederholung

Studierende höherer Semester geben euch Tipps, wie ihr wichtige Inhalte aktiv zu Papier bringt. Ideal zum Wiederholen, allein und in Lerngruppen, auch zur mündlichen Vorbereitung.

#### Überblick gewinnen

Du hast ja bereits am Ende jedes Unterkapitels einige Stichwörter notiert. Hier kannst du daraus eine Mindmap oder Liste erstellen und damit aktiv Überblick gewinnen.



Gregor Däubler, Henrik Holtmann, Christoph Jaschinski,  
Thomas Wensch

**Vorklinik Finale 15**

# **Sinnesorgane 2**

1. Auflage



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Optik</b> .....	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>Sehen</b> .....	<b>27</b>
1.1	Elektromagnetische Wellen .....	1	3.1	Dioptrischer Apparat .....	27
1.2	Licht .....	2	3.2	Signalverarbeitung in der Retina .....	33
1.3	Geometrische Optik .....	3	3.3	Zentrale Repräsentation des visuellen Systems ...	38
1.4	Wellenoptik .....	8	3.4	Informationsverarbeitung in der Sehbahn .....	39
<b>2</b>	<b>Sehorgan</b> .....	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>Chemische Sinne</b> .....	<b>41</b>
2.1	Entwicklung des Sehorgans .....	11	4.1	Grundlagen der chemischen Sinne .....	41
2.2	Augenhöhle .....	12	4.2	Geschmack .....	42
2.3	Bulbus oculi .....	13	4.3	Geruchssinn und trigeminaler chemischer Sinn ...	45
2.4	Zusätzliche Einrichtungen .....	18		<b>Register</b> .....	<b>49</b>
2.5	Sehbahn .....	19			
2.6	Feinstruktur des Sehorgans .....	21			

# 1

## Optik

### 1.1 Elektromagnetische Wellen

Thomas Wenisch



#### 1.1.1 Eigenschaften

Elektromagnetische Wellen breiten sich unabhängig von einem Leiter oder einem sonstigen Trägermedium als wechselnde elektrische und magnetische Felder frei im Raum aus.

- Elektromagnetische Wellen sind **Transversalwellen**.
- Die Richtungen des elektrischen und magnetischen Feldes stehen senkrecht zueinander und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle (➤ Abb. 1.1).
- Elektromagnetische Wellen sind polarisierbar. Als Polarisationsrichtung wird die Richtung des elektrischen Feldvektors angegeben.

#### 1.1.2 Sichtbarer Bereich

Nur ein kleiner Teil des elektromagnetischen Spektrums (➤ Abb. 1.2) ist vom menschlichen Auge als sichtbares Licht wahrnehmbar. Dieser sichtbare Bereich liegt bei Wellenlängen  $\lambda$  von 400–760 nm. Gelegentlich werden auch um einige Nanometer abweichende Grenzen genannt.

➤ Tab. 1.1 zeigt die Farben des sichtbaren Lichts.

Geringere bzw. höhere Wellenlängen sind für das menschliche Auge nicht sichtbar:

- $\lambda < 400$  nm: **ultraviolette Strahlung**
- $\lambda > 760$  nm: **infrarote Strahlung**

#### MERKE

Elektromagnetische Wellen breiten sich im Vakuum und praktisch auch in Luft mit der Geschwindigkeit

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Es existiert keine einheitliche Modellvorstellung für elektromagnetische Strahlung, situationsabhängig zeigen sich sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften.

Die Energie eines Strahlungsteilchens ist proportional zu seiner Frequenz

$$E = h \cdot f$$

oder mit  $c = \lambda \cdot f$  umgekehrt proportional zur Wellenlänge:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

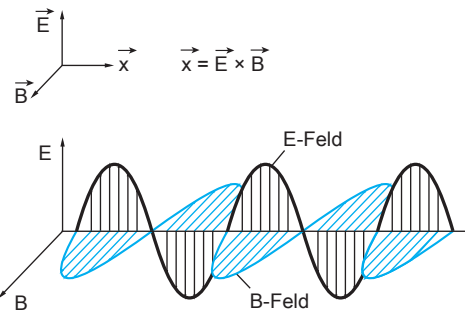


Abb. 1.1 Elektromagnetische Wellen mit der Richtung von elektrischem und magnetischem Feld [L253]

Tab. 1.1 Die Wellenlängen der Farben im sichtbaren Bereich

Farbe	Wellenbereich
Rot	650–700 nm
Gelb	600 nm
Grün	500–550 nm
Blau	450 nm
Violett	420 nm

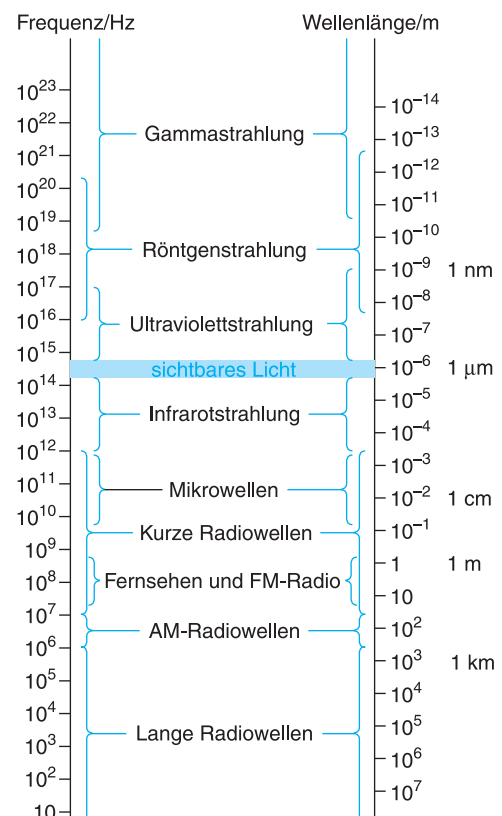


Abb. 1.2 Das elektromagnetische Spektrum [L253]

Die **Planck-Konstante**  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$  ist eine universelle Naturkonstante. Ihr Wert entspricht der kleinsten in der Natur möglichen Energieübertragung.

### 1.1.3 Ionisierende Strahlung

Energiereiche elektromagnetische Strahlung zählt zu den ionisierenden Strahlungen. Ionisierende Strahlung besitzt genügend Energie, um Materie zu ionisieren, d. h. um Elektronen abzulösen. Dazu zählen **Röntgenstrahlung**,  **$\gamma$ -Strahlung** sowie **kosmische Strahlung**.

Ultraviolette Strahlung gehört dagegen zu den **nicht ionisierenden Strahlungen**.

#### CHECK - UP

- Wie groß ist die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum?
- Welche Wellenlängen haben die Farben des sichtbaren Lichts?
- Wie hängen Frequenz, Wellenlänge und Energie elektromagnetischer Strahlung zusammen?

#### Jetzt bist du dran!

##### Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

## 1.2 Licht

Thomas Wenisch



### 1.2.1 Eigenschaften

Licht ist der sichtbare Teil des elektromagnetischen Spektrums. Es hat folgende Eigenschaften:

- Wellenlänge:  $\lambda = 400 - 760 \text{ nm}$
- Geschwindigkeit (im Vakuum):  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- Energie:  $E = h \cdot f$

Die Natur des Lichts lässt sich nicht eindeutig festlegen. Es zeigt sich einmal wie eine Welle, ein anderes Mal wie ein Teilchen.

### Temperaturstrahlung

Jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts sendet elektromagnetische Strahlung aus. Bei hohen Temperaturen liegt diese Strahlung im sichtbaren Bereich. Die Strahlungsleistung ist proportional zur **vierten Potenz der Temperatur**.

## Fotoeffekt

Nur durch den Teilchencharakter des Lichts erklärbar ist der Fotoeffekt, auch **äußerer lichtelektrische Effekt** genannt: Licht löst aus einem Metall Elektronen heraus. Dazu muss die für jedes Metall typische Austrittsarbeit  $W_a$  aufgebracht werden.

Der Fotoeffekt ist frequenzabhängig. Ab einer Grenzfrequenz  $f_g$  können Elektronen ausgelöst werden. Es gilt:

$$h \cdot f_g = W_a$$

In der Regel wird der Fotoeffekt erst bei blauem oder ultraviolettem Licht beobachtet.

### 1.2.2 Lichtmessung

#### Fotometrische Größen

Bei Beschreibung einer Strahlungsquelle sind mehrere strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen gebräuchlich. Die wichtigsten sollen hier genannt werden:

- **Strahlungsenergie  $W$** , angegeben in Joule (J).
- **Strahlungsleistung  $P$** , angegeben in Watt (W).
- **Strahlungsstärke  $\Psi$**  gibt die pro Raumwinkel abgegebene Leistung in der Einheit Watt pro Steradian (W/sr) an.
- **Strahlungsintensität  $\Phi$**  ist dagegen definiert als Leistung pro Flächeneinheit, angegeben als Watt pro Quadratmeter ( $\text{W/m}^2$ ).
- **Bestrahlung  $H$**  ist die Energie pro Flächeneinheit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter ( $\text{J/m}^2$ ).

In der Beleuchtungstechnik wird auch die vom spektralen Empfindlichkeitsverlauf des menschlichen Auges abhängige, subjektive Wahrnehmungsqualität berücksichtigt.

#### MERKE

Die Lichtstärke  $\Psi_l$ , gemessen in der **Candela (Cd)** (lat.: Kerze), ist eine im internationalen Einheitensystem festgelegte Basisgröße.

Der genauen Definition der Einheit **Candela** liegt das spektrale Empfindlichkeitsmaximum des menschlichen Auges bei einer Wellenlänge von 555 nm zugrunde. Ein Candela ist die Lichtstärke einer Strahlungsquelle, die Licht der Frequenz  $540 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$  aussendet und deren Strahlungsstärke  $1/683 \text{ W}$  pro Steradian beträgt.

#### MERKE

Für eine ideale, punktförmige Strahlungsquelle verteilt sich die abgestrahlte Energie bzw. abgegebene Leistung gleichmäßig auf alle Raumrichtungen. Strahlungsstärke und Strahlungsintensität nehmen beide mit dem **Quadrat der Entfernung** ab.

### Das Fotometer

Ein wichtiges Messinstrument in der chemischen Analytik ist das Fotometer. Dabei wird die Schwächung des Lichts beim Durchgang durch Materie benutzt, um die Konzentration einer Substanz in einer Lösung zu bestimmen.

Eine Fotozelle misst die Intensität  $I$  eines Lichtstrahls nach dem Durchgang durch eine Probe; als Referenz den Wert  $I_0$  ohne Probe.

Das Verhältnis beider Intensitäten ist die üblicherweise in Prozent angegebene **Transmission**:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

### MERKE

Die beim Fotometer wichtigste Messgröße ist die über den Logarithmus definierte **Extinktion E**:

$$E = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\log(T)$$

Die Extinktion ist eine dimensionslose Zahl.

Die **spezifische Extinktion** einer Substanz ist abhängig von der Wellenlänge. So hat ein blauer Farbstoff eine niedrige Extinktion für blaues Licht. Für alle anderen Farben hat die Extinktion einen höheren Wert, denn diese Wellenlängen werden absorbiert.

### Gesetz von Lambert-Beer

Das Gesetz von Lambert-Beer beschreibt den Zusammenhang zwischen der Extinktion und der Konzentration eines Stoffs in der Messlösung:

$$E = \epsilon_m \cdot c \cdot d$$

- $c$ : Konzentration des Stoffs
  - $d$ : Dicke der durchstrahlten Schicht
  - $\epsilon_m$ : molarer Extinktionskoeffizient des untersuchten Stoffs
- $\epsilon_m$  (auch als  $\epsilon_\lambda$  bezeichnet) ist ein stoffspezifischer, jeweils für eine bestimmte Wellenlänge angegebener Wert.

### CHECK-UP

- Welche fotometrische Größe ist Basisgröße des internationalen Einheitensystems?
- Welches Abstandsgesetz gilt für eine punktförmige Lichtquelle?
- Welchen Wert hat die Extinktion, wenn  $I/I_0 = 1/100$  beträgt?

### Jetzt bist du dran!

#### Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

## 1.3 Geometrische Optik

Thomas Wenisch



Die geometrische Optik geht von der vereinfachenden Betrachtung aus, dass sich das Licht stets geradlinig in Form von **Strahlen** ausbreitet. Die Strahlen ändern an der Grenzfläche zweier optischer Medien ihre Richtung.

### 1.3.1 Reflexion

Licht wird an einer spiegelnden Oberfläche reflektiert. Nach dem Reflexionsgesetz ist der Einfallswinkel  $\alpha_1$  zwischen auftreffendem Lichtstrahl und dem senkrecht auf der Oberfläche stehenden Einfallslot gleich dem Ausfallswinkel  $\alpha_2$  zwischen Einfallslot und reflektiertem Strahl.

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

Eine Abbildung an einem ebenen Spiegel wird durch Verlängerung die reflektierten Strahlen auf die rückwärtige Seite des Spiegels konstruiert (➤ Abb. 1.3).

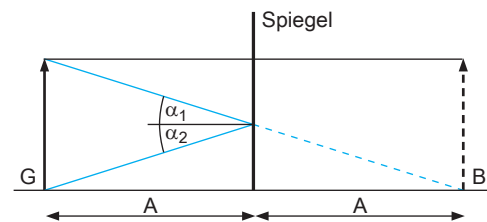


Abb. 1.3 Reflexion an einem Spiegel [L253]

### 1.3.2 Lichtbrechung

Die Geschwindigkeit des Lichts ist in Materie geringer als die Lichtgeschwindigkeit  $c_0$  im Vakuum.

$$c = \frac{c_0}{n}$$

### Brechungsindex $n$

Die materialspezifische Größe  $n$  wird als Brechungsindex, Brechzahl oder optische Dichte eines Mediums bezeichnet. Im Vakuum und praktisch auch für Luft ist  $n = 1$ . Der Brechungsindex von Wasser beträgt  $n = 1,33$ . Für Glas liegt er, abhängig von der Glasart, im Bereich von etwa  $n = 1,45$ – $1,65$ .

### MERKE

Die Frequenz einer Welle bleibt beim Übergang von einem in ein anderes Medium unverändert. Es gilt immer  $c = \lambda \cdot f$ , die Wellenlänge ändert sich im gleichen Verhältnis wie die Geschwindigkeit.

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$



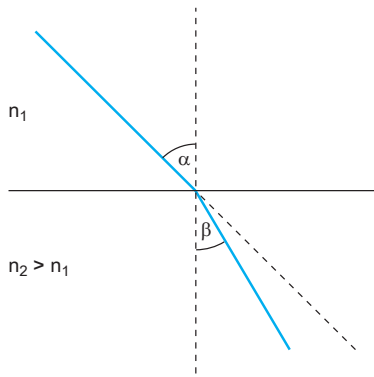


Abb. 1.4 Lichtbrechung [L253]

Die Richtung eines Lichtstrahls ändert sich an der Grenze zweier lichtdurchlässiger Medien, er wird gebrochen (➤ Abb. 1.4).

## Brechungsgesetz

Für den Übergang von einem Medium mit der Brechzahl  $n_1$  in ein Medium mit der Brechzahl  $n_2$  sagt das Brechungsgesetz:

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

### MERKE

Beim Übergang von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium wird der Lichtstrahl zum Einfallslot hin gebrochen. Beim Übergang vom optisch dichteren in das dünnere Medium wird der Strahl vom Einfallslot weggebrochen.

- Beim Durchgang durch eine planparallele Glasplatte wird das Licht beim Eintritt und beim Austritt gebrochen (➤ Abb. 1.5a). Beide Richtungsänderungen kompensieren sich und insgesamt wird der Lichtstrahl um einen kleinen Betrag parallel versetzt.
- Beim **Prisma** kompensieren sich die Richtungsänderungen dagegen nicht und der Strahl wird aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt (➤ Abb. 1.5b).

## Totalreflexion

Der Übergang in ein Medium mit größerer optischer Dichte ist bei jedem Einfallswinkel möglich. Wird aber beim Übergang vom optisch dichteren in das dünnere Medium ein bestimmter Grenzwinkel überschritten, tritt **Totalreflexion** auf. Der Lichtstrahl kann das dichtere Medium nicht verlassen und wird an der Grenzfläche vollständig in das optisch dichtere Medium zurückgeworfen.

## Dispersion

Der Brechungsindex eines Mediums ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts. Dieses Phänomen wird als **Dispersion** bezeichnet. Deshalb kann weißes Licht an einem Prisma in seine Spektralfarben aufgetrennt werden.

### MERKE

**Dispersion:** Blaues Licht wird stärker gebrochen als rotes Licht.

## 1.3.3 Die Linse

Eine Linse wird gezeichnet, indem ein Kreisbogen mit dem Krümmungsradius  $r$  um den Brennpunkt gezogen wird. Die Brennweite  $f$  der Linse ist der Abstand vom Brennpunkt zur Mittelebene der Linse. Allerdings ist für **dünne Linsen** deren Dicke gegenüber ihrer Brennweite vernachlässigbar, sodass hier Krümmungsradius und Brennweite gleichgesetzt werden.

## Sphärische Linse

Die Oberfläche einer sphärischen Linse ist geformt wie der Ausschnitt aus einer Kugeloberfläche. Der Radius der Kugelschale entspricht der **Krümmungsradius** der Linse.

- Die **konvexe** Oberfläche einer **Sammellinse** wird beim Blick von außen,
- die **konkave** Oberfläche von **Zerstreuungslinsen** beim Blick von innen auf einen Kugelabschnitt sichtbar.

## Zylindrische Linse

Sie ist wie die Mantelfläche eines Zylinders nur in eine Richtung gekrümmt. Die **optische Achse** geht durch den Mittelpunkt der Linse und steht senkrecht auf ihrer Mittelebene.

- Der **Brennpunkt F** (Focus) liegt auf der optischen Achse.
- Die **Brennebene** liegt parallel zur Linsenebene, sie steht im Brennpunkt senkrecht auf der optischen Achse.

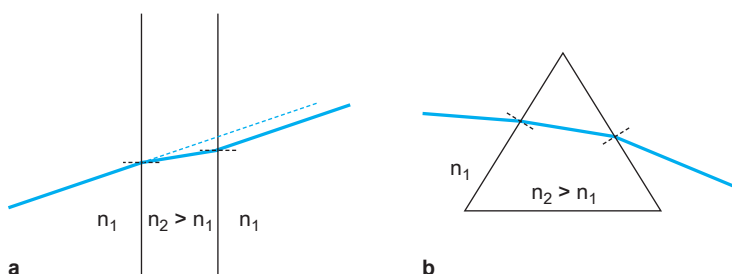
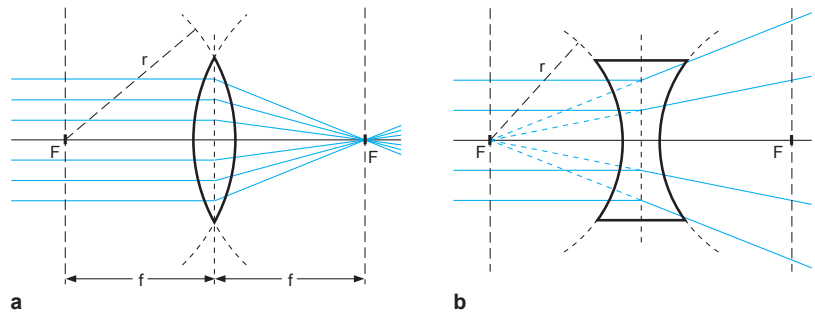


Abb. 1.5 Strahlengang an einer planparallelen Platte (a) und an einem Prisma (b) [L253]



**Abb. 1.6** Strahlengang einer konvexen (a) und einer konkaven Linse (b) [L253]

## Strahlengang

Das Licht wird zwar an der Vorder- und Rückseite der Linse gebrochen, aber in einer vereinfachten Darstellung des Strahlengangs werden diese beiden Brechungen nicht einzeln betrachtet, sondern die einfallenden Strahlen bis zur Mittelebene der Linse verlängert (➤ Abb. 1.6):

- Ein zur optischen Achse paralleles Strahlenbündel wird von einer Sammellinse auf der gegenüberliegenden Seite im Brennpunkt vereinigt.
- Fällt ein paralleles Strahlenbündel schräg zur optischen Achse auf eine Sammellinse, treffen sich die Strahlen in einem Punkt der gegenüberliegenden Brennebene außerhalb des Brennpunkts.
- Der Strahlengang an einer Linse ist grundsätzlich umkehrbar. Befindet sich eine Lichtquelle im Brennpunkt einer konvexen Linse, verlaufen die Strahlen auf der anderen Seite der Linse parallel (➤ Abb. 1.6a).
- Eine konkave Linse zerstreut ein parallel einfallendes Strahlenbündel. Die Öffnung des gebildeten Strahlenkegels lässt sich als Verlängerung der Verbindungslinie von der Mittelebene der Linse zum Brennpunkt auf der Einfallsseite konstruieren (➤ Abb. 1.6b).

## Brechkraft

Die Brechkraft  $\phi$  oder Brechwert einer Linse ist als der Kehrwert ihrer Brennweite definiert:

$$\phi = \frac{1}{f}$$

- Einheit: **Dioptrie (dpt)**,  $1 \text{ dpt} = 1 \text{ m}^{-1}$ .
- Die Brechkraft wird für Sammellinsen positiv und für Zerstreuungslinsen negativ gezählt.
- Werden mehrere Linsen hintereinander zu einem **Linsensystem** angeordnet, errechnet sich der Gesamtbrechwert durch Addition der einzelnen Dioptrienzahlen.

## Bildkonstruktion

Ein Gegenstand der Größe  $G$  ist eine als Gegenstandsweite  $g$  bezeichnete Strecke von einer Sammellinse entfernt. Die Abbildung wird konstruiert (➤ Abb. 1.7):

- Achsenparallele Strahlen gehen auf der gegenüberliegenden Seite durch den Brennpunkt.
- Ein Strahl durch den Mittelpunkt der Linse wird nicht gebrochen.
- Ein durch den Brennpunkt einfallender Strahl verlässt die Linse parallel zur optischen Achse.

Jeweils zwei dieser Strahlen genügen zur Bildkonstruktion, der dritte kann zur Kontrolle zusätzlich gezeichnet werden.

Auf der gegenüberliegenden Linsenseite schneiden sich die Strahlen in der Spitze des Bilds B. Dessen Entfernung von der Linse ist die Bildweite  $b$ .

In ➤ Abb. 1.7 entsteht ein **reelles Bild**. Ein reelles Bild kann auf eine Mattscheibe oder Leinwand projiziert und von dort betrachtet werden.

Das Bild steht gegenüber dem Gegenstand auf dem Kopf und ist seitenverkehrt.

### MERKE

Lage und Größe des Bilds können mit den **Linsenformeln** berechnet werden.

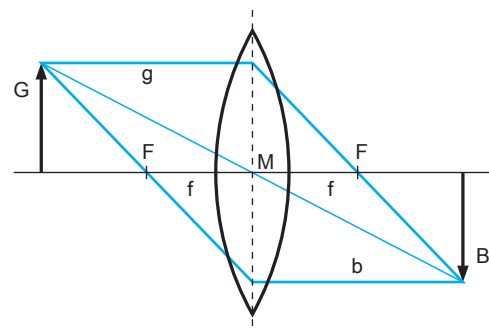
Gegenstandsweite  $g$ , Bildweite  $b$  und Brennweite  $f$  stehen im Zusammenhang:

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Bildgröße  $B$  und Gegenstandsgröße  $G$  stehen im Verhältnis:

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

$B/G$  gibt den Abbildungsmaßstab bzw. die Vergrößerung an.



**Abb. 1.7** Bildkonstruktion an einer Sammellinse [L253]

Die folgenden Fälle werden unterschieden und lassen sich einfach merken:

- Der Gegenstand steht genau in der doppelten Brennweite vor der Linse,  $g = 2f$ , dann entsteht ein gleich großes Bild ( $B = G$ ) ebenfalls in der Entfernung  $b = 2f$ .
- Bei einer Gegenstandsweite zwischen einfacher und doppelter Brennweite entsteht ein vergrößertes Bild außerhalb der doppelten Brennweite.
- Liegt die Gegenstandsweite außerhalb der doppelten Brennweite, entsteht ein verkleinertes Bild zwischen einfacher und doppelter Brennweite.
- Befindet sich der Gegenstand innerhalb der einfachen Brennweite, divergieren die Strahlen auf der anderen Seite der Linse. Es entsteht nur ein virtuelles Bild (➤ Abb. 1.8). Die Berechnung mit den Linsenformeln ergibt einen negativen Wert für  $b$ .
- Steht der Gegenstand genau in der einfachen Brennweite, verlassen die Strahlen die Linse parallel. Das virtuelle Bild entsteht im Unendlichen. Die Anwendung der Linsenformeln führt in diesem Fall zu keinem sinnvollen Ergebnis.

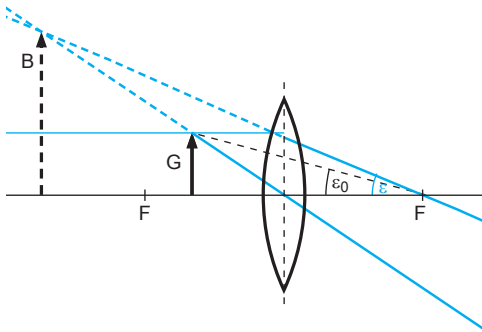


Abb. 1.8 Strahlengang an der Lupe [L253]

## Akkommodation

Die Einstellung des Auges auf unterschiedliche Entfernungen heißt Akkommodation. Die **Akkommodationsbreite A** des Auges lässt sich mit einer leichten Abwandlung der Linsenformel berechnen:

$$A + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Dabei ist  $f$  der Abstand des Nahpunkts des Auges und  $b$  der Abstand des Fernpunkts, jeweils angegeben in m.

Rückt der Fernpunkt ins Unendliche, wird daraus:

$$A = \frac{1}{f}$$

So wäre für minimale deutliche Sehweite von 25 cm:  $A = \frac{1}{0,25\text{m}} = 4\text{D}$ .

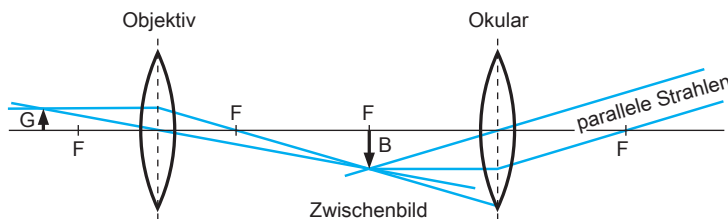


Abb. 1.9 Strahlengang des Mikroskops [L253]

## Abbildungsfehler

Es werden zwei Arten von Abbildungsfehlern unterschieden: die sphärische und die chromatische Aberration.

**Sphärische Aberration** Die Regeln zur Bildkonstruktion sind Näherungen, die nur für dünne Linsen und nahe der optischen Achse verlaufende Strahlen gelten. Da diese Voraussetzungen nicht immer vollständig erfüllt sind, treten Abbildungsfehler auf.

**Chromatische Aberration** Aufgrund der Dispersion, d.h. der Frequenz- bzw. Wellenlängenabhängigkeit der Lichtbrechung, sind die Brennweiten für die einzelnen Lichtfarben unterschiedlich. Jede Linse weist daher chromatische Fehler auf.

## Lupe

Eine Lupe erzeugt ein **virtuelles Bild** (➤ Abb. 1.8).

Ein virtuelles Bild kann nicht projiziert werden, es entsteht erst im Auge des Betrachters. Das Auge bündelt die parallel oder leicht divergent einfallenden Strahlen, sodass auf der Netzhaut das Bild entsteht.

Für die Bildkonstruktion wird eine Gegenstandsposition innerhalb der einfachen Brennweite gewählt. Der Mittelpunktstrahl und der Strahl durch den gegenüberliegenden Brennpunkt verlaufen divergent. Ihre rückwärtigen Verlängerungen schneiden sich in der Spitze des virtuellen Bilds.

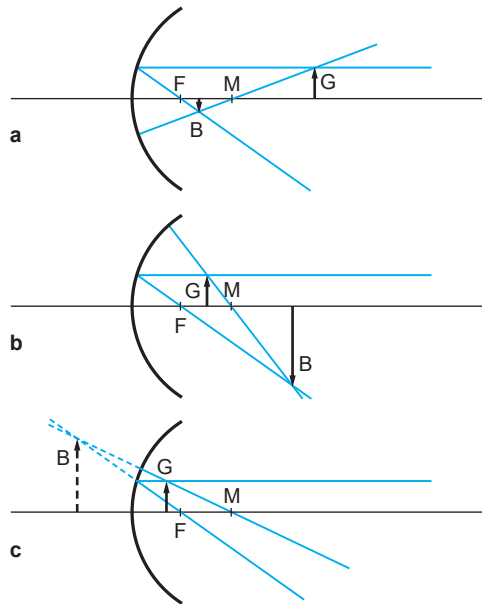
In der Realität wird ein Objekt mit dem entspannten, auf große Entfernung akkommodierten Auge betrachtet. Das Objekt steht genau in der Brennebene der Lupe. Die Strahlen verlassen die Lupe dann parallel und das Bild entsteht „im Unendlichen“. Dabei ist  $d$  der Betrachtungsabstand und  $f$  die Brennweite der Lupe. Als deutliche Sehweite bei entspanntem Auge gilt  $d = 25\text{ cm}$ .

Ein allgemeines Maß für die Abbildungsvergrößerung optischer Instrumente ist die **Schwinkelvergrößerung**  $\varepsilon/\varepsilon_0$ . Der Schwinkel  $\varepsilon$  unter Verwendung des Instruments wird mit dem Winkel  $\varepsilon_0$  bei Betrachtung ohne Instrument verglichen.

## Mikroskop

Im Wesentlichen besteht das Mikroskop aus einem **Objektiv** und einem **Okular** (➤ Abb. 1.9).

- Das Objektiv erzeugt ein **reelles Zwischenbild**.
- Das Zwischenbild ist umgekehrt und vergrößert. Es liegt in der Brennebene des Okulars.
- Das Okular wirkt wie eine Lupe.
- Die Strahlen verlassen das Okular parallel, das virtuelle Bild entsteht im Unendlichen.
- Die Gesamtvergrößerung ergibt sich aus der Multiplikation der Vergrößerungsfaktoren von Objektiv und Okular.



**Abb. 1.10** Bild am sphärischen Hohlspiegel: Gegenstand außerhalb der 2-fachen Brennweite **(a)**, Gegenstand zwischen 1-facher und 2-facher Brennweite **(b)**, Gegenstand zwischen Spiegel und Brennpunkt **(c)** [L253]

Die maximale Vergrößerung eines Mikroskops ist begrenzt. Sein **Auflösungsvermögen U** ist der Kehrwert der Distanz  $d$  zweier Punkte, die gerade noch getrennt abgebildet werden können.

$$U = \frac{1}{d}$$

Der kleinste im Mikroskop unterscheidbare Abstand ist:

$$d = \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha}$$

$\alpha$  ist der Öffnungswinkel des Objektivs,  $n$  der Brechungsindex des Mediums zwischen Objekt und Objektiv.  $n \cdot \sin \alpha$  wird als **numerische Apertur** des Objektivs bezeichnet.

Die maximal erreichbare Auflösung liegt beim Lichtmikroskop mit ca.  $0,2 \mu\text{m}$  etwa bei der halben Wellenlänge des verwendeten Lichts ( $\rightarrow$  Abb. 1.9).

### 1.3.4 Der sphärische Hohlspiegel

Der sphärische Hohlspiegel hat die Form eines Kugelausschnitts. Der Brennpunkt F liegt auf halbem Weg zwischen der Spiegelfläche und dem Krümmungsmittelpunkt ( $\rightarrow$  Abb. 1.10).

#### MERKE

Die Bildkonstruktion am Hohlspiegel ist mit der Bildkonstruktion an der Sammellinse vergleichbar:

- Achsenparallele Strahlen werden durch den Brennpunkt reflektiert.
- Ein Strahl durch den Krümmungsmittelpunkt wird in sich selbst reflektiert.
- Durch den Brennpunkt einfallende Strahlen verlassen den Spiegel parallel zur optischen Achse.
- Die Linsenformeln sind auf den sphärischen Hohlspiegel übertragbar.

#### CHECK-UP

- Wie ist der Brechwert einer Linse definiert? Welche Linsen haben positive, welche negative Brechwerte?
- Konstruiere ein reelles und ein virtuelles Bild an einer Sammellinse.
- Nenne die Linsenformeln.

### Jetzt bist du dran!

#### Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

